

# ***AGRICULTURA Y PLAGUICIDAS***

*Por la Dra. D<sup>a</sup> M. Carmen Hermosín Gaviño,  
Instituto de Recursos Naturales y  
Agrobiológicos de Sevilla (IRNAS),  
Consejo Superior de Investigaciones  
Científicas (CSIC).*

## ***Resumen***

La agricultura actual debe una gran parte de su avance en producción al empleo de plaguicidas, del que actualmente no puede prescindir. Además el avance de conocimiento en su manejo, el desarrollo de nuevas moléculas y las medidas de alto control para el registro de las mismas tanto en Europa como en USA garantizan la seguridad de su empleo. Se revisa el comportamiento mediambiental de los plaguicidas. Los procesos que afectan a los plaguicidas usados en agricultura son muy diversos: unos tienen consecuencias negativas y dan lugar a la contaminación difusa del aire y aguas superficiales y subterráneas (volatilización, escorrentía, infiltración y lixiviación), otros a su acumulación en suelos y sedimentos (adsorción) y otros, de consecuencias positivas, conducen a su eliminación (foto-, quimio- y biodegradación y absorción por plantas y organismos). El actual conocimiento de estos procesos permite el desarrollo de técnicas de manejo, que minimicen sus consecuencias negativas y se aumenta su eficacia y la transmisión de estos avances mediante un buen programa de formación de agricultores y técnicos pueden ayudar al uso correcto de los plaguicidas. Se aporta un estudio de la presencia de herbicidas del olivar en la Cuenca del Guadalquivir, su relación directa con los procesos de escorrentía y lixiviación y como su evolución en 8 años a menores concentraciones avala las medidas tomadas por la administración nacional y regional para minimizar sus consecuencias de presencia en los pantanos y a la vez sugiere posibles medidas adicionales para implementar la sostenibilidad de este cultivo emblemático para Andalucía.

## ***Abstract***

The high productivity of the actual agriculture is partially due to the use of pesticides, which now are fully needed to maintain the food world supply. The knowledge advance has allowed the development of new pesticide molecules and registration rules, such in Europe as in USA, which warrant their healthy use. The most important as-

pects of the environmental behaviour of pesticides are summarized. The processes affecting pesticides once applied are diverse: some of them with negative consequences giving rise to diffuse contamination of air, surface and ground waters (volatilization, infiltration, runoff and lixiviation), others processes accumulated pesticides in soils and sediments (adsorption) and another ones, with positive consequences, lead to their elimination (foto-, chemical- and biodegradation processes, including their absorption by target and non-target plant and organism). The actual knowledge on those processes allows the development of management techniques which minimize the adverse environmental effects and increases their efficacy. Also the correct knowledge transfer to agro-technicians and farmers to increase their formation in good practices on pesticide application could help to increase the safe use of these agrochemicals. Finally a study on the presence of herbicides used in olive orchards in the Guadalquivir basin shows its direct relationships with runoff and lixiviation process and the decreasing concentration evolution endorsed the program developed by the national and regional administration. Also additional tools are suggested to increase the sustainability of one of the most emblematic crop in Andalusia.

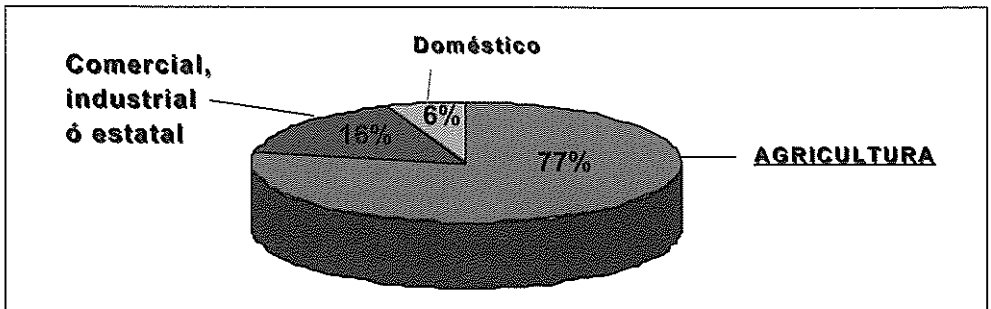
## **1. INTRODUCCION**

Los pesticidas o plaguicidas son sustancias químicas destinadas matar, repeler, regular, atraer o interrumpir el crecimiento de plagas en su sentido más amplio; considerando plaga aquellos organismos nocivos que transmiten enfermedades, compiten por alimentos o con la producción de estos y/o dañan el bienestar humano, bienes económicos o culturales. El uso masivo de estos compuestos se remonta a la segunda guerra mundial y casi comenzó con el descubrimiento de las propiedades del DDT contra insectos transmisores de enfermedades y que devoraban las cosechas. Su uso ahorró numerosas muertes por malaria e hizo aumentar las cosechas de cereales, tanto que el químico Muller, el descubridor de sus propiedades (había sido sintetizado en 1874) en 1939 recibía el Premio Nobel 9 años después. Realmente él comprobó que era muy toxico para insectos y muy baja toxicidad en humanos.

La publicación de *Silent Spring* por Rachel Carson en 1962 inició la concienciación de los efectos nocivos que los pesticidas y otras sustancias químicas podían tener sobre el mediambiente, la salud humana, la biodiversidad y hasta la supervivencia de algunas especies. La investigación sobre los efectos mediambientales de los plaguicidas recibió un gran impulso por parte de JF Kennedy para concretar las bases científicas sobre los hechos denunciados en ese libro.

Mucho ha llovido desde entonces y ciñéndonos al objeto de nuestra conferencia los plaguicidas han supuesto un gran avance para la agricultura del que hoy si prescindieramos, la producción de los diversos cultivos bajaría de forma drástica más de 100 veces y toda la industria asociada a la procesado y venta de los mismos. De hecho en la Figura 1 se muestra el mayoritario uso de los plaguicidas en Agricultura a nivel mundial.

**FIGURA 1**  
**DIFERENTES USOS DE PLAGUICIDAS A NIVEL MUNDIAL EN EL AÑO 2008 (AEPLA)**

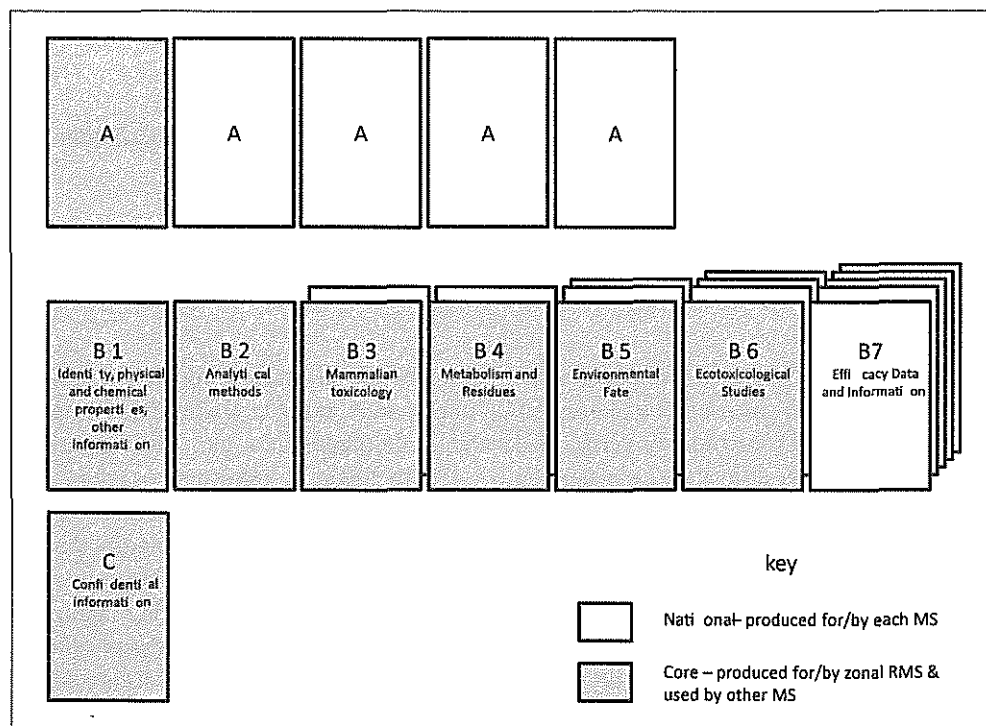


No obstante, hay que reconocer que el aumento de la producción de los últimos cincuenta años no solo se debe al empleo de plaguicidas, otros conocimientos como es la mejora vegetal o revolución verde, el desarrollo de maquinaria, etc... han contribuido de igual forma al avance en el aumento y tecnificación de nuestras cosechas. Hoy además es una realidad las nuevas y muchas posibilidades que brinda la biotecnología mediante la combinación de resistencia a enfermedades o plagas con plaguicidas de baja toxicidad (Glifosato y Maiz Bt). Además hay otros métodos como la producción integrada que combinan el uso de insectos auxiliares con dosis mínimas de plaguicidas de ciertos grupos menos tóxicos o persistentes. Pero lo cierto es que, hoy en día, no se puede prescindir del empleo de plaguicidas en la agricultura y esta presentación se enfoca en el sentido de demostrar que existen conocimientos suficientes para un empleo seguro de los mismos.

Primero y muy importante, hay que aclarar que la autorización de estos compuestos requiere un minucioso estudio previo por parte de las casas productoras, que está regulado a nivel europeo por la UE y que incluye una gran cantidad de pruebas a nivel de laboratorio y campo, muy costosos, que se llevan a cabo por las propias industrias productoras y confirmados por laboratorios de referencia a nivel nacional y europeo, como se muestra en la Figura 2. De hecho en la actualidad todas las materias activas están siendo revisadas de nuevo y algunas retiradas por parte de las propias casas productoras. Es muy importante señalar y tener en cuenta esto, ya que este nivel de seguridad no es extensible a otros muchos contaminantes que alcanzan nuestros suelos, aguas y plantas como resultado de otras actividades humanas como son la industrial (hidrocarburos, metales pesados, solventes orgánicos, compuestos ignífugos, etc...) y urbana (dioxinas, metales pesados, fármacos, cosméticos, detergentes....etc.) (Köck-Schulmeyer et al. 2011).

Un plaguicida se añade en el campo y alcanza el suelo o la planta o el fruto y una vez que ha alcanzado la diana en la que tiene que ejercer su acción plaguicida, está sometido a una serie de procesos en los que está la clave para, minimizándolos o potenciándolos, poder disminuir los riesgos nocivos de los plaguicidas, aumentar su eficacia y hacer su empleo más seguro para el medioambiente y la salud humana.

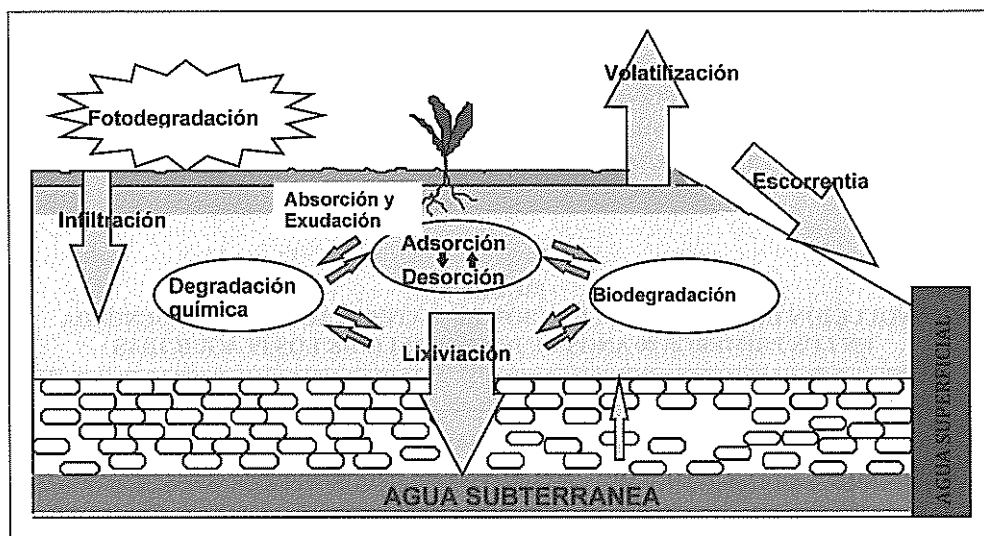
**FIGURA 2**  
**PROCEDIMIENTOS REGULADOS NECESARIOS PARA AUTORIZACIÓN Y REGISTRO DE**  
**MATERIAS ACTIVAS A NIVEL EUROPEO Y SUS ESTADOS MIEMBROS (MS)**



De estos procesos, mostrados en la Figura 3, unos afectan a el cambio de sitio o compartimento en que se encuentra el pesticida sin que su molécula cambie de estructura o procesos de transporte (escorrentía, percolación, lixiviación, volatilización y adsorción-desorción y otros implican ya su transformación (químico-, foto o biodegradación) mediante los cuales se transforman en otras sustancias que pueden ser ó no tóxicas (Bailey y White 1964, Guenzi 1973, Hermosin et al. 2009). Entre estos procesos de transformación está su absorción y metabolismo por parte de los organismos vivos que son su diana, esto es la plaga (hierbas, insectos, ácaros, hongos... etc). La adsorción en las partículas que componen el suelo, aunque generalmente conservan la molécula como tal, protegiéndola incluso de la foto o biodegradación, pero en algunos casos pueden facilitar la degradación. Este fenómeno de adsorción de plaguicidas en las partículas del suelo es uno de los más importantes porque de alguna manera es el que determina la cantidad disponible para todos los demás procesos y, como veremos más adelante, es uno sobre los que podemos actuar para minimizar su impacto ambiental.

El mayor efecto negativo mediambiental de los plaguicidas está asociado a los procesos de transporte, que pueden ser: a) al aire por volatilización y posterior diseminación

FIGURA 3  
PROCESOS QUE AFECTAN A LOS PESTICIDAS EN EL SUELO



mediante el viento y lluvia y b) a las aguas superficiales y subterráneas por escorrentía y lixiviación desde los suelos. Estos procesos implican además el paso de una contaminación puntual (aplicación o derrame localizados) a una contaminación difusa, mucho más difícil de controlar y eliminar. Por tanto es de un enorme interés el desarrollo y diseño de estrategias que permitan minimizar estos procesos de transporte, que permitirían prevenir o disminuir los procesos de contaminación de suelos y aguas por el uso de los plaguicidas, por otra parte totalmente necesarios para la agricultura.

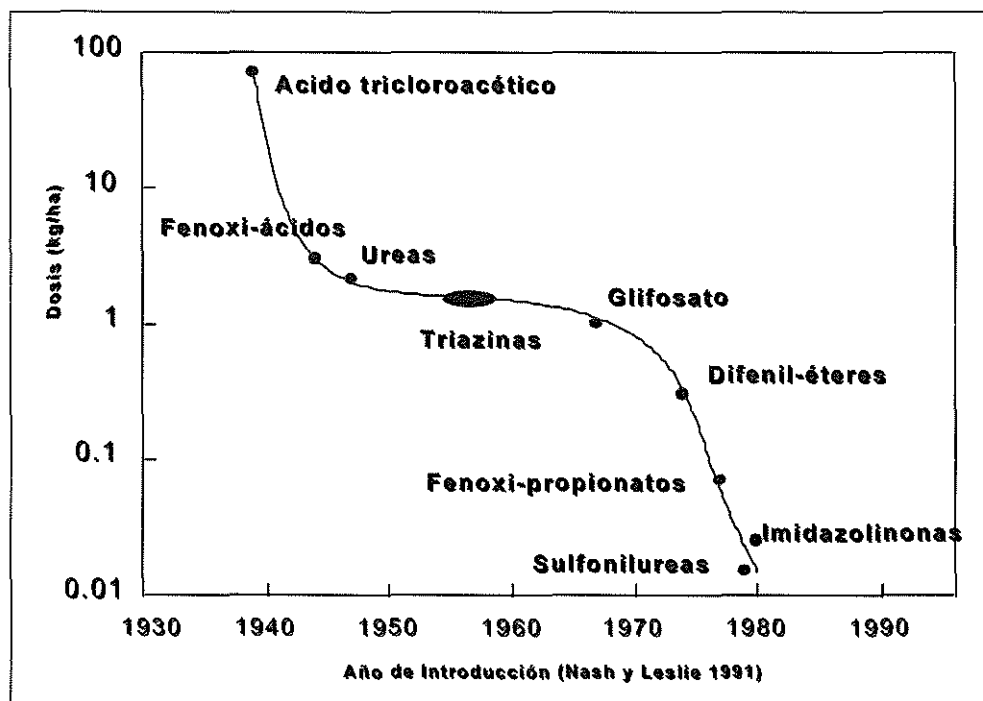
## 2. MINIMIZACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Aunque son muchas las posibles estrategias a seguir, para minimizar el efecto medioambiental negativo, principalmente enfocamos la visión en lo que respecta a la minimización de la contaminación de las aguas tanto superficiales como subterráneas. Sin duda hay otro aspecto importante que aquí no se trata y es la contaminación del propio producto alimentario, por el que puede llegar a entrar en la propia cadena alimenticia, afectando a la salud humana, aunque ya las aguas en sí, tanto superficiales como subterráneas, forman parte de dicha cadena. Destacamos las siguientes estrategias:

## 2.1. Nuevas moléculas de materia activa

La búsqueda por parte de las industrias y empresas de nuevas materias activas más ambientalmente saludables y segura es un esfuerzo continuo por parte de aquellas. El menor impacto va asociado a fundamentalmente menor dosis necesaria para su empleo. Una buena muestra de ello es la Figura 4 donde vemos la evolución que ha experimentado la dosis recomendada de uso durante los primeros 40 años de desarrollo de nuevas moléculas.

**FIGURA 4**  
**EVOLUCIÓN DE DOSIS DE APLICACIÓN DE MATERIA ACTIVA RECOMENDADA**  
**EN LOS PRIMEROS 40 AÑOS DE DESARROLLO DE LOS PLAGUICIDAS**



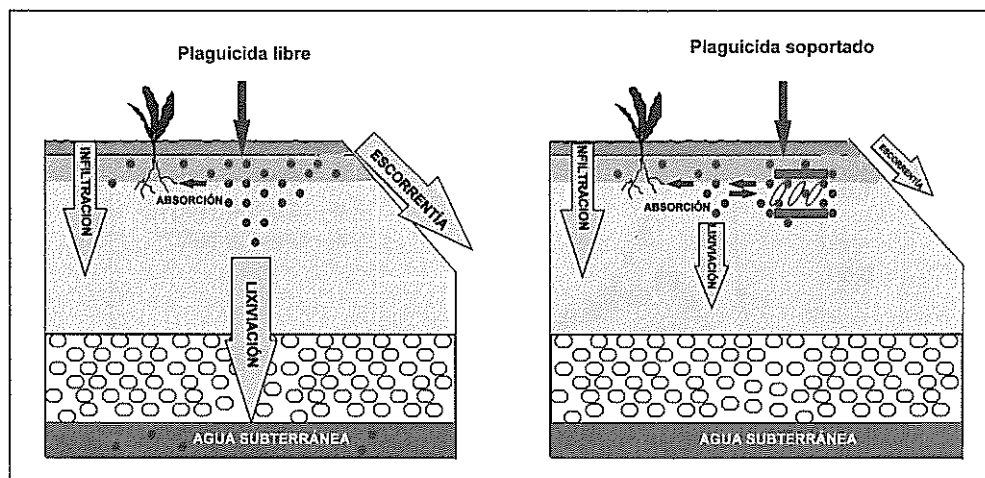
Esta tendencia también se completa con nuevas moléculas que combinan bajas dosis con baja solubilidad en agua, lo que hace disminuir su presencia en esta como veremos más tarde en el caso particular de estudio de herbicidas en olivar.

## 2.2. Adsorbentes en formulaciones de liberación controlada

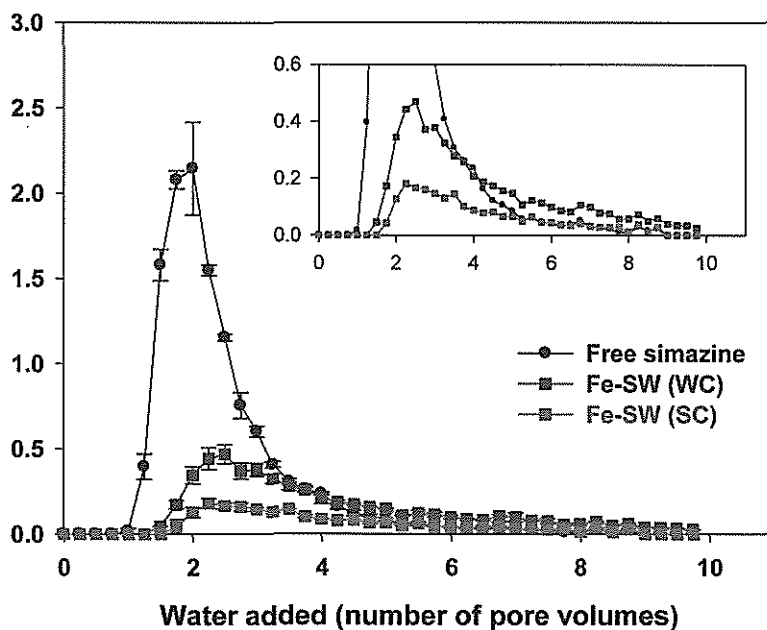
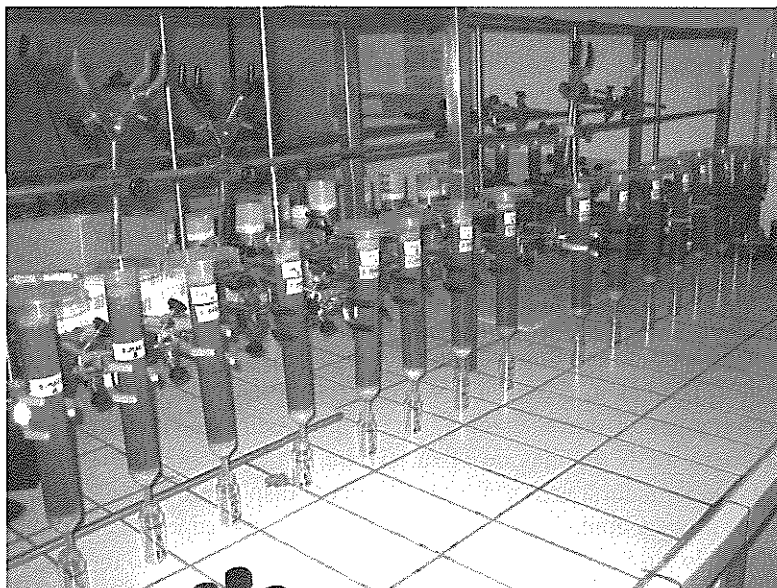
El papel que los coloides del suelo tanto orgánicos (materia orgánica de suelo) como los inorgánicos (minerales de arcilla) en la retención de los plaguicidas ha sido puesto de manifiesto y desarrollado en numerosos estudios y trabajos (Bailey y White 1960, Hermosin et al. 1987, Celis et al. 1999, Hermosin et al. 2000, Fernández et al. 2003) que han permitido a su vez un nuevo enfoque de los mismos como componentes de formulaciones de liberación lenta de los plaguicidas (Scher 1999). En efecto las arcillas naturales o modificadas mediante diversos tratamientos, pueden convertirse en adsorbentes que contienen el plaguicida y lo liberan lentamente y en cantidades bajas al medio, aumentando su eficacia y disminuyendo sus concentraciones en agua y por tanto su transporte a arroyos, ríos y pantanos y su percolación a través del suelo hasta las aguas subterráneas.

Este comportamiento se esquematiza en la Figura 5 donde se representan menores pérdidas del plaguicida soportado en un mineral de la arcilla orgánicamente modificado (organoarcilla o arcilla saturada con cationes orgánicos) frente al libre, en los procesos de transporte (infiltración, lixiviación y escorrentía). Esto es especialmente relevante en aquellos tratamientos que se efectúan en campo y coinciden con la época de lluvias, como ocurre con los herbicidas de olivar (Hermosin et al. 2009) que posteriormente veremos, ya que la materia activa si está totalmente disponible es arrastrada y lixiviada con el agua de lluvia y contamina de forma difusa las aguas superficiales y subterráneas, casi sin haber llegado a ejercer su acción. El estudio en laboratorio mediante columnas suelo, que se muestra en la Figura 6, a las que se añade herbicida y posterior y diariamente una cantidad adecuada de agua, permite comprobar como las concentraciones que

**FIGURA 5**  
**EFFECTO DE LA FORMULACIÓN DE LIBERACIÓN LENTA EN LAS PERDIDAS**  
**POR TRANSPORTE DE PLAGUICIDAS DESDE EL SUELO**



**FIGURA 6**  
**ESTUDIO DE LIXIVIACIÓN DEL HERBICIDA SIMAZINE, EMPLEADA EN SUPERFICIES**  
**DEPORTIVAS, COMO MATERIA ACTIVA LIBRE Y EN FORMULACIÓN CON**  
**MONTMORILLONITA FÉRRICA COMO PORTADOR PARA LIBERACIÓN CONTROLADA**  
**(CORNEJO ET AL. 2008)**





lixivian en el caso de herbicidas formulados con arcillas u organoarcillas, son menores que las correspondiente a la formula comercial o al producto libre que normalmente se aplican (Cox et al. 2000, Carrizosa et al. 2000, Celis et al. 2002, Undabeytia et al. 2000 y 2009, Cornejo et al. 2008, Maqueda et al. 2008, Trigo et al. 2010) como se muestra en la Figura 6 para el caso de la simazina que se emplea en superficies deportivas (Cornejo et al. 2008). También se han realizado experimentos de campo que demuestran no solo el menor movimiento vertical del herbicida en estas formulaciones en el horizonte de suelo, sino también su eficacia a nivel de parcela (Cornejo et al. 2008).

Estas arcillas u organoarcillas pueden también emplearse como barreras o enmendantes de suelo para retrasar el movimiento vertical de los plaguicidas en estos, disminuyendo su lixiviación a aguas subterráneas (Gamiz et al. 2010).

### **2.3. Sistemas de manejo de cultivos**

El sistema de manejo del cultivo en el campo también permite una minimización del riesgo de contaminación por transporte de herbicida y esto se ha comprobado tanto en el caso las diversas formas de laboreo (Cox et al. 1999, Gomez et al. 2010), como la adición de emmiendas o residuos (Cox et al. 1997, Fernández et al. 2003 Albarran et al. 2003, Cabrera et al. 2009) y la implantación de cubiertas vegetales (Saavedra y Pastor, 1996, Gomez et al. 2010) que se comentan a continuación.

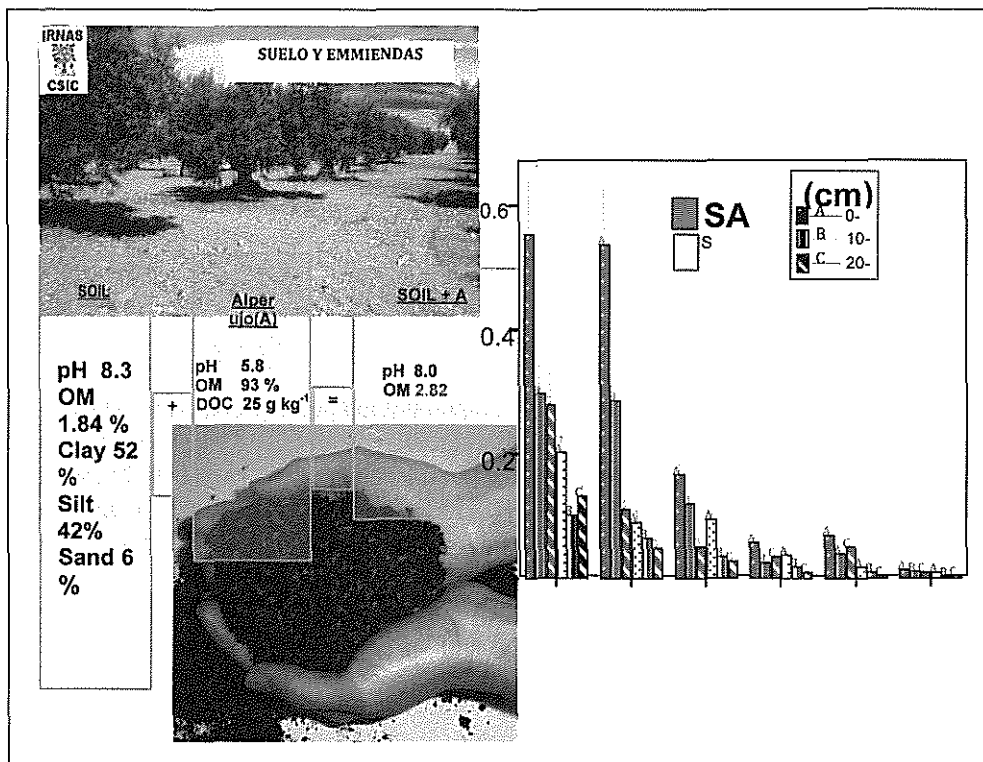
#### **2.3.1. Adición de residuos o adsorbentes**

La adición de residuos orgánicos al suelo es una practica común sobre todo en las zonas semiáridas con suelos pobres en materia orgánica (MO), como sistema de aumentar este componente que estabiliza la estructura de los suelos, a la vez que aumenta su fertilidad por el aporte lento de nutrientes a través de la descomposición microbiana de los mismos. Recientemente se ha visto que esta practica puede influir la dinámica de los plaguicidas en el suelo afectando a los fenómenos de transporte.

La Figura 7 muestra como la adición de alperujo (A) al suelo (S) disminuye la movilidad vertical del herbicida diurón, de forma que las cantidades de este herbicida que permanecen distribuidas a distintas profundidades en los primeros 30 cms de suelo son mayores en el suelo enmendado con alperujo que en el suelo sin enmendar. No obstante este comportamiento no se puede generalizar para todo tipo de molécula ni enmienda, puesto que las enmiendas orgánicas contienen una materia orgánica soluble o disuelta puede actuar de dos formas distintas como se representa en la Figura 8 (Celis et al. 2004).

En efecto esta materia orgánica soluble, dependiendo de su polaridad y peso molecular (Cox et al. 2004) puede actuar de dos formas: a) asociarse a los minerales del suelo ayudando a retener el pesticida (parte derecha de la figura 6) disminuyendpo su movilidad o puede competir por los mismos sitios del pesticida o b) asociarse con él

**FIGURA 7**  
**DISTRIBUCIÓN EN LOS PRIMEROS 30CMS SUPERFICIALES DEL HERBICIDA DIURON EN**  
**UN SUELO DE OLIVAR TRATADO (ROJO) Y SIN TRATAR (AMARILLO) CON ALPERUJO**  
**COMO EMMIENDA ORGÁNICA (CABRERA ET AL. 2009).**

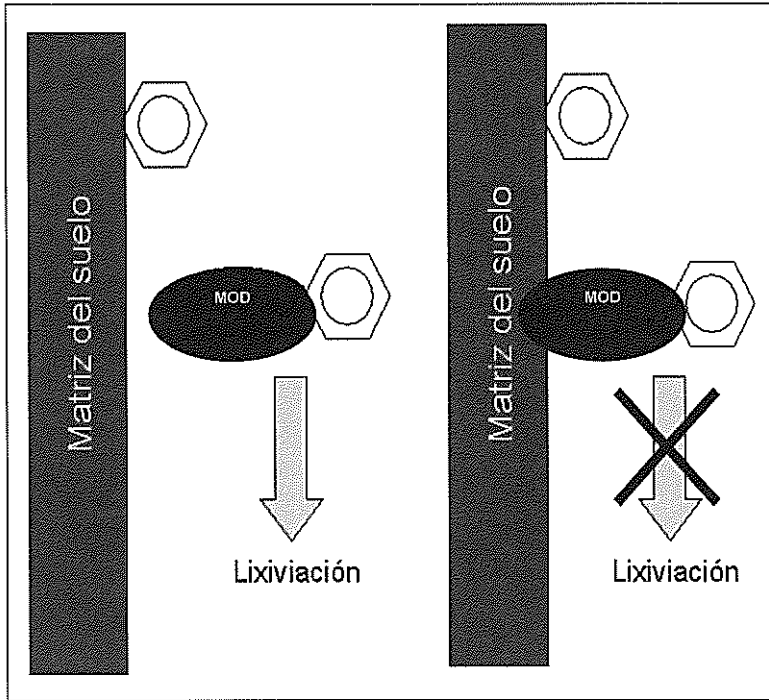


aumentando en este ultimo caso su movilidad (parte izquierda), como se muestra esquemáticamente en la Figura 6 (Celis et al. 2004). También este tipo de enmienda orgánica tiene efecto sobre la población microbiana alterando de alguna forma la biodegradación de los plaguicidas (Albarran et al. 2003).

### 2.3.2. Cubiertas vegetales

El empleo de cubiertas vegetales es un manejo de suelo aconsejado fundamentalmente en terrenos pendientes, con la finalidad de evitar o minimizar las pérdidas de agua y principalmente de suelo por efecto de la erosión o arrastre por escorrentia, debida fundamentalmente al agua y que conlleva a la vez una pérdida de nutrientes, por tanto de fertilidad, que se arrastra con los finos de los suelos (Francia et al. 2006, Rodríguez-Lizana et al. 2007). Esto tiene especial relevancia en el olivar, como ha sido puesto de manifiesto por diversos investigadores andaluces (Pastor y Saavedra 1996, 2002, Pastor

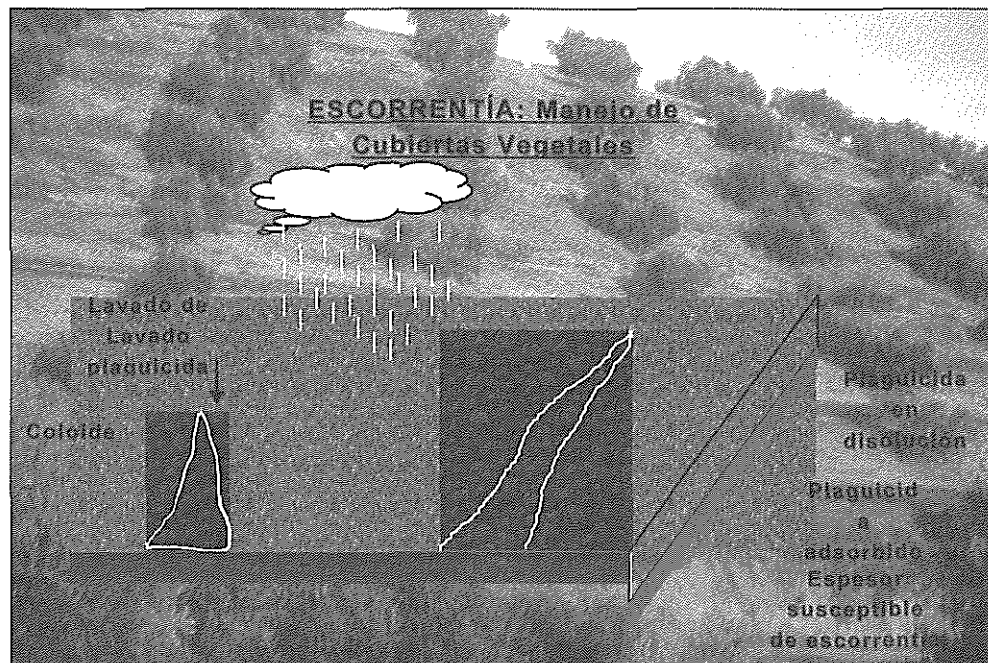
**FIGURA 8**  
**ESQUEMA DE ACTUACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DISUELTA (MOD) O SOLUBLE**  
**DE LAS EMMIENDAS ORGÁNICAS EN LA RETENCIÓN DE PLAGUICIDAS EN EL SUELO**  
**(CELIS ET AL. 2006)**



et al. 1999, Gomez et al. 2003, Duran et al. 2004) y además ha sido propuesto como una de las medidas asociadas a la ecocondicionalidad de la PAC, que puede tener un efecto beneficioso sobre la calidad de las aguas (Rodríguez-Lizana et al. 2007, Hermosin et al. 2009). Su efecto sobre la persistencia de herbicidas fue puesto de manifiesto hace años, precisamente en el entorno del olivar (Pastor y Saavedra 1996, Pastor et al. 1999, Saavedra y Pastor 2002).

Las cubiertas vegetales naturales o cultivadas, en sentido adecuado a la pendiente, debido a la proliferación de raíces superficiales aumenta la infiltración y disminuye por tanto la cantidad de agua de escorrentía y con ella la pérdida de agroquímicos tanto disueltos o como asociado a los coloides del suelo que arrastra, como se muestra en la Figura 9. La eficacia de estas cubiertas vegetales o barreras verdes ha sido demostrado a nivel de campo para diversos cultivos y muy recientemente para el caso de olivar por Gomez et al. 2009, cuyos datos se incluyen en la Figura 10. Estas cubiertas son, sin duda, uno de los medios más eficaces para disminuir la cantidad de herbicidas que pasan del suelo a las aguas superficiales por el proceso de escorrentía, a la vez que minimizan la erosión de estos suelos.

**FIGURA 9**  
**IMPLANTACIÓN DE CUBIERTAS VEGETALES Y EFECTO SOBRE LA ESCORRENTÍA**  
**Y EROSIÓN EN SUELOS DE OLIVAR**

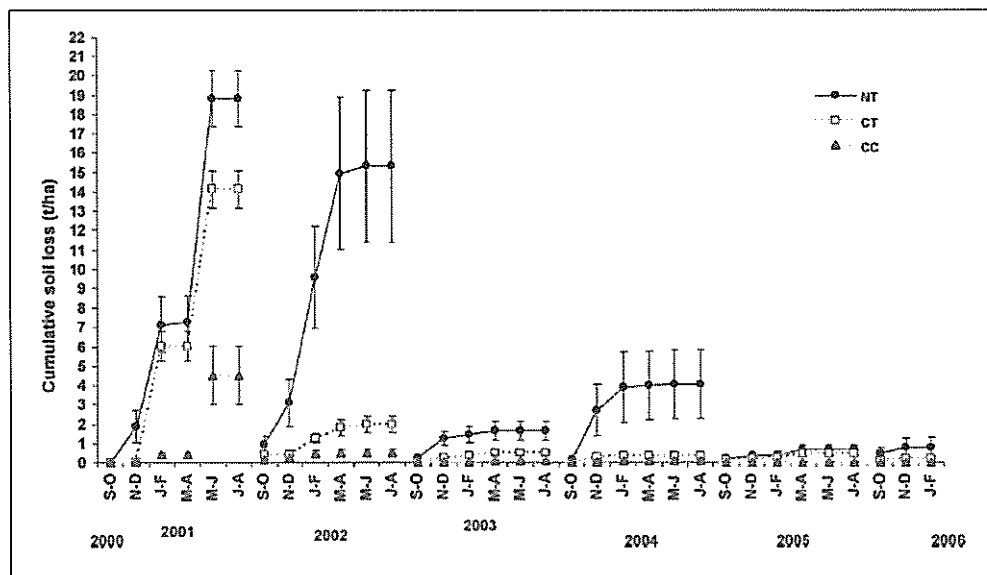


#### **2.4. Transferencia tecnológica: Difusión y Formación**

Sin duda este es el sistema más importante, porque todos los avances que el conocimiento ha conseguido o consiga para poder minimizar los efectos no deseados de la utilización de los plaguicidas en los cultivos, que hemos ejemplarizado en los anteriores apartados, de nada servirían si no se hacen llegar a los técnicos y agricultores del campo, que son los que en la práctica los tienen que manejar. En este sentido el avance que en la actualidad se realiza a través de la utilización de las nuevas tecnologías de las comunicaciones, organizaciones profesionales, cursos y jornadas telemáticos hasta su difusión local es particularmente excelente. La propia AEPLA, las OPAs (Organizaciones Profesionales Agrarias) con las ayudas de la UE para proyectos concretos de difusión (FEDER y FSE, Programa Calidad de Aceite de Oliva, etc...) y de los fondos del presupuesto nacionales y regionales, incluyendo la labor que realizan los herederos de la antigua extensión agraria, casi siempre asociados a los INIAs regionales (IRTA, IFAPA, IMIDA, etc.) y por tanto a los gobiernos regionales, todos contribuyen sin duda a una buena labor de difusión y formación en las buenas prácticas agrícolas, que incluye el buen manejo de los plaguicidas (CAP 2001-2004). Sirva de ejemplo el Proyecto TOPPs financiado recientemente por la UE (TOOPS, [www.topps-life.org](http://www.topps-life.org)) u otro a iniciativa del

FIGURA 10

DATOS DE CANTIDADES DE PÉRDIDAS DE SUELO ACUMULADAS EN TRES MANEJOS DISTINTOS DE OLIVAR: LABOREO TRADICIONAL CT, LABOREO DE CONSERVACIÓN NT Y CUBIERTAS VEGETALES CC (GOMEZ ET AL. 2009)



CSIC, IFAPA y Junta de Andalucía ([www.ias.csic.es/sostenibilidad\\_olivar/index.htm](http://www.ias.csic.es/sostenibilidad_olivar/index.htm)). Sin duda la legislación desarrollada a nivel nacional y regional, a principios de los 2000, por el que se regularon la obtención del carnet de aplicador de plaguicidas, en dos categorías, con la puesta a punto y revisión de la maquinaria de aplicación ha contribuido y sigue contribuyendo, a un mejor y más seguro manejo de estos compuestos.

### 3. CASO PARTICULAR DE ESTUDIO: SEGUIMIENTO DE HERBICIDAS DE OLIVAR EN EL VALLE DEL GUADALQUIVIR

La producción olivarera está históricamente ligada a la región Mediterránea de forma que más del 95% del cultivo de olivar mundial está situado en países del Mediterráneo (Gómez 2005). En Andalucía, con algo más de 1.500 Has de olivos, este cultivo representa el 30% de toda su superficie cultivable (Gómez 2009). La producción olivarera en el sur de España se ha incrementado en más de un 30% en los últimos diez años, aumentando el empleo de fertilizantes, plaguicidas y agua, dando lugar a consecuencias medioambientales negativas que afectan a la calidad de las aguas (De Graff y Eppink 1999, Gómez 2009, Hermosin et al.2009). Todos recordamos los episodios relacionados con la presencia de herbicidas en olivar que se produjeron los años 2001-2004 en diversos pantanos de Andalucía y que provocaron una gran alarma social. Estos hechos

fueron la causa que dieron lugar a la retirada de algunas materias activas en el 2002 (atrazina y simazina) y en el 2009 (diuron y limitación en terbutilazina) por parte de Junta de Andalucía, que además diseñó un programa intensivo de cursos y jornadas sobre las buenas prácticas en el manejo de plaguicidas y otras técnicas de cultivo con especial incidencia en los pueblos olivereros de Córdoba, Jaén, Granada, Málaga y Sevilla. Esto se hizo principalmente desde la Consejería de Agricultura y Pesca, tanto a través del programa propio como con el programa de Calidad del Aceite de Oliva, y canalizado por el IFAPA y las OPAs (CAP 2001-2007, IFAPA 2004-2007). Por ello es de una gran importancia el estudio de los niveles de herbicidas en el olivar, así como su seguimiento y evolución a largo plazo, ya que puede permitir valorar la eficacia de estas medidas o el diseño de nuevos sistemas de corrección.

**TABLA 1**  
**CARACTERÍSTICAS DE LOS HERBICIDAS EMPLEADOS EN EL OLIVAR Y ANALIZADOS EN ESTE ESTUDIO**

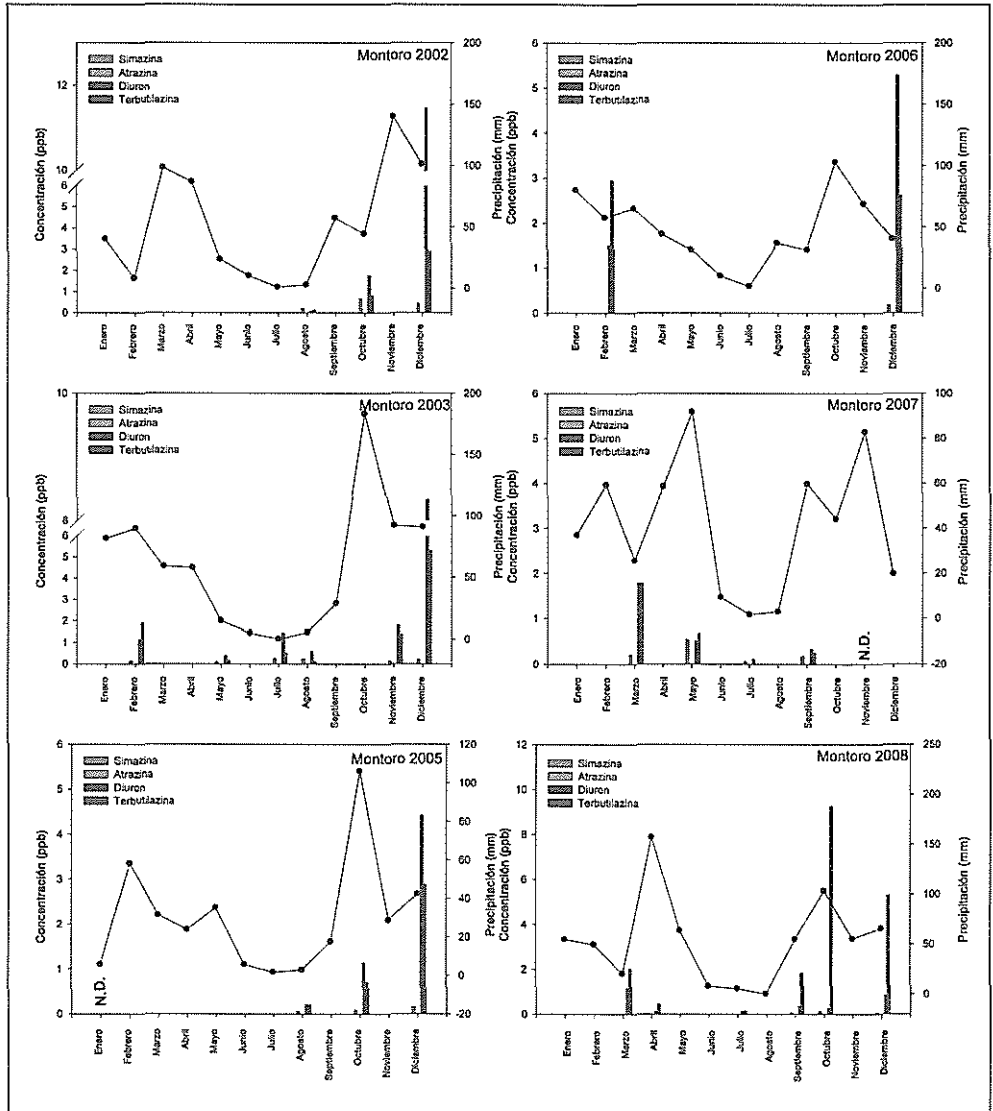
Herbicida	Fecha de prohibición	Solubilidad agua* mg/l	T <sub>1/2</sub> * días	Dosis de aplicación* Kg/Ha
Atrazina	2002	33	5-86	6-12.0
Simazina	2002	6	27-102	2-3.0
Terbutilazina	2009 (limitación)	8	30-60	0.6-3.0
Diuron	2009	37	90-180	1.2-18.0
Oxifluorfen	Suspendido temporalmente el fabricante en 2010	0.1	5-55	0.5- 2.0
Diflufenican		<0.05	85-282	0.2

\*The Pesticida Manual. 2006. CDS Tomlin (Ed). British Crop Protection Council.

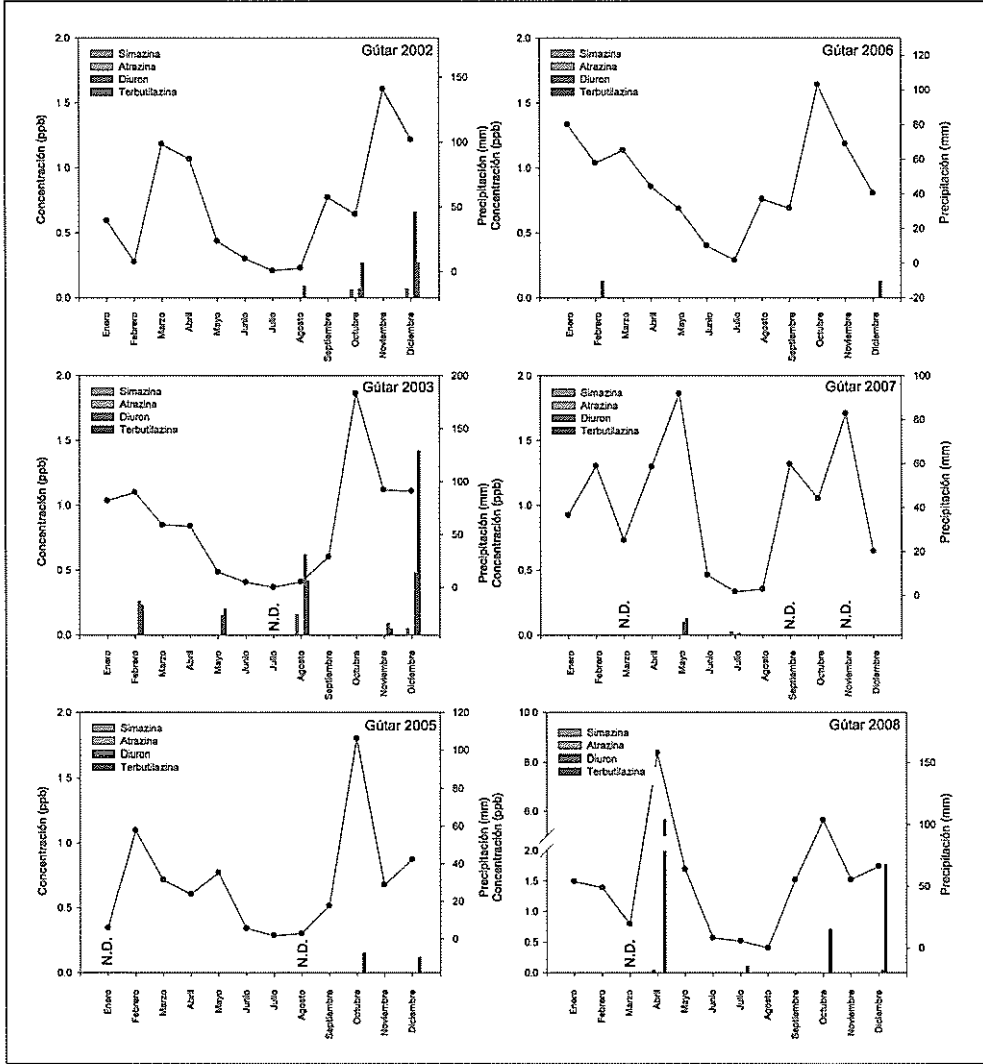
Aunque existen algunos artículos, monografías y libros que hablan de los procesos que afectan a los herbicidas usados en el olivar y que incluyen recomendaciones de buenas practicas agrícolas (Metzidiakis et al.2008, Pastor et al. 1997, Gomez 2009), muy pocos de ellos (Bermudez et al. 2005, Hermosín et al. 2009) incluyen datos concretos sobre presencia en aguas de herbicidas en olivar y aún menos a nivel de cuenca y a largo plazo Aquí resumimos los resultados del seguimiento de las concentraciones de diversos herbicidas del olivar en distintos puntos de la cuenca del Guadalquivir en el que se muestrearon 11 puntos de aguas superficiales y 9 puntos subterráneas y se analizaron 7 herbicidas y dos metabolitos, que se muestran en la Tabla 1, durante los años 2002-2010, en 3-5 campañas de muestreo anuales.

Las Figuras 11 y 12 muestran la evolución de las concentraciones en un punto superficial y otro subterráneo, a lo largo de cada año y en seis años. Junto con las concentraciones se recogen también las precipitaciones medias ocurridas en estos periodos en

**FIGURA 11**  
**EVOLUCIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE LOS HERBICIDAS SIMAZINA, ATRAZINA (NO SE DETECTÓ), DIURÓN Y TERBUTILAZINA A LO LARGO DE CADA AÑO EN EL PUNTO DE TOMA DE AGUA SUPERFICIAL EN EL RÍO GUADALQUIVIR EN MONTORO. INCLUYE LA PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL RECOGIDA LA CUENCA (ND= NO DETECTABLE Y NM= NO MUESTREADO)**



**FIGURA 12**  
**EVOLUCIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE LOS HERBICIDAS SIMAZINA, ATRAZINA (NO SE DETECTÓ EN CANTIDADES CUANTIFICABLES NINGÚN CASO), DIURÓN Y TERBUTILAZINA A LO LARGO DE CADA AÑO, EN EL PUNTO DE TOMA DE MUESTRA DE AGUA SUBTERRÁNEA DE UNA FUENTE PÚBLICA EN GÚTAR. INCLUYE LA PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL RECOGIDA LA CUENCA (ND= NO DETECTABLE Y NM= NO MUESTREADO).**



la Cuenca del Guadalquivir. Se observan que las mayores concentraciones coinciden, una con la toma inmediatamente posterior al periodo de aplicación para la recolección de Octubre a Diciembre, y tras a una gran cantidad de lluvia, y otra, no ya tan alta ni tan constante, en la época de primavera donde vuelven a coincidir aplicación y lluvia.



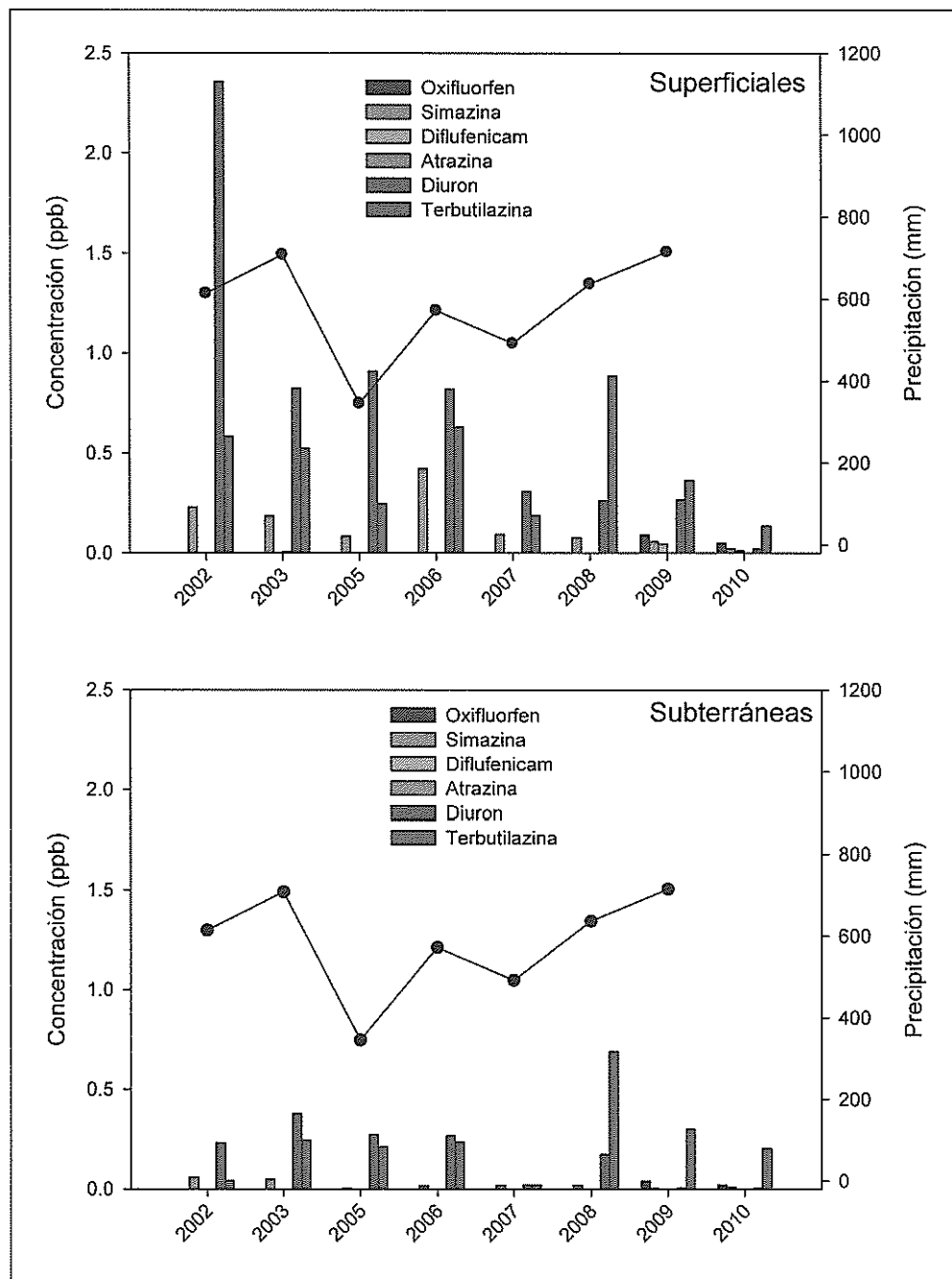
El diurón, que se aplica a dosis más alta y es más soluble en agua y más persistente en suelo (Tabla 1), alcanza siempre más altas concentraciones que la terbutilazina en Diciembre, pero casi siempre ocurre lo contrario en primavera. Esto sugiere que las características de la molécula activa, principalmente vida media, solubilidad en agua y dosis, parecen influir su presencia en aguas, tanto como la lluvia siguiendo al periodo de aplicación. Por tanto la escorrentía y la lixiviación se confirman como procesos importantes en la aparición de los herbicidas de olivar en la Cuenca del Guadalquivir.

Las medias anuales, recogidas en forma de histogramas en la Figura 13, muestran un decrecimiento en general a lo largo de los años, más claramente en las superficiales que en las subterráneas, lo que parece poner en valor el esfuerzo hecho, especialmente en el periodo 2002-2005 y posteriormente en 2009, por la administración andaluza en el cambio de materias activas. Este cambio tarda en ser asumido por los agricultores como lo demuestran los niveles de simazina y terbutilazina en algunos puntos los años siguientes a su prohibición y limitación. A más largo plazo la divulgación del buen manejo de plaguicidas en general y de herbicidas en el olivar en particular, través del IFAPA y las OPAs durante los años 2002-2007, mediante la intensificación de cursos y jornadas, parecen haber dado resultado con una gran disminución de las concentraciones globales en las aguas a lo largo de los 8 años monitorizados. No obstante, el hecho de que las concentraciones medias de herbicidas, especialmente en las aguas subterráneas, superen casi siempre el límite de potabilidad (0.1ppb para cada compuesto individual y 0.5 para la totalidad), también sugieren que debe continuarse incentivando los cursos, jornadas y medidas asociadas a las ayudas de buenas prácticas agrícolas, a fin de disminuir aún más el nivel de herbicidas en las aguas de la Cuenca del Guadalquivir y elevar la imagen de sostenibilidad de uno de nuestros cultivos más emblemáticos, el olivar andaluz.

### *Agradecimientos*

Mi agradecimiento a los actuales componentes de nuestro grupo AGR-264 (Drs. J. Cornejo, L. Cox, R. Celis, C. Trigo y M. Real y a B. Gamiz, A. Cañero, MA Adelino MJ Calderón, P Velarde y G. Facenda) y a otros muchos que pasaron por él (Drs. A. Mora y A. Albarran Dras MJ Carrizosa, MC Fernández y M.Rodríguez-Cruz, y a J. Belderrain) sin cuya contribución no hubiera sido posible alcanzar los conocimientos que actualmente tenemos sobre la temática de esta conferencia. También se agradece la financiación del Plan Nacional, V y VI FWP-UE y PAI y PAIDI, todos cofinanciados con fondos FEDER y FSE. Agradezco personalmente mi paso por el IFAPA que me permitió formar parte de la Comisión de Expertos para control de herbicidas en pantanos de la Junta de Andalucía en el periodo 2001-2004 y especialmente al entonces Jefe de Servicio de Formación (D. Rafael Cano) de cuya implicación en los Cursos de Aplicador de Plaguicidas me hizo partícipe, lo que me ha ayudado posteriormente a valorar la contribución de la administración regional en el estudio de herbicidas en el Olivar. También se agradece la financiación de Syngenta en 2002/2003, que fue el motor inicial de este estudio.

**FIGURA 13**  
**CONCENTRACIONES Y PRECIPITACIONES MEDIAS ANUALES DE LOS HERBICIDAS**  
**OXIFLUORFEN, SIMAZINA, DIFLUFENICAM, ATRAZINA, DIURÓN Y TERBUTILAZINA EN**  
**LAS AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS DE LA CUENCA DEL GUADALQUIVIR.**



#### 4. BIBLIOGRAFÍA

- AEPLA. [www.aepla.es](http://www.aepla.es). Asociación Empresarial para la Protección de Plantas.
- ALBARRÁN, A., CELIS, R., HERMOSÍN, M.C., LÓPEZ-PIÑEIRO, A., ORTEGA-CALVO, J.J. & CORNEJO, J. (2003). Effect of solid olive-mill waste addition to soil on sorption, degradation and leaching of the herbicide simazine. *Soil Use and Management*, 19, 150-156.
- BELMONTE-VEGA, A., GARRIDO-FRENICH, A. & MARTÍNEZ-VIDAL, J.L. (2005). Monitoring of pesticides in agricultural water and soil samples from Andalusia by liquid chromatography coupled to mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta* 538, 117-127.
- CABRERA, A., COX, L., FERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, A., CIVANTOS CGO & CORNEJO, J. (2009). Field appraisalment of olive mills solid waste application in olive crops: effect on herbicide retention. *Agric. Ecosystem & Environment* 132:260-266.
- CARLSON, R. (2002). *Silent Spring*. (1ª Edición por Houghton Mifflin, 1962) Mariner Books, New York, 376 pgs.
- CAP (2001-2004) Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Memorias Anuales 2001-2004. [www.juntadeandalucia/consejeriadeagriculturaypesca/publicaciones](http://www.juntadeandalucia/consejeriadeagriculturaypesca/publicaciones)
- BAILEY, G.W. & WHITE, J.L. (1964). Review of adsorption-desorption of pesticides by soil colloids with implications concerning pesticide bioactivity. *J. Agric. Food Chem.* 12: 324-330.
- CABRERA, A., COX, L., FERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, A., CIVANTOS CGO & CORNEJO, J. (2009). Field appraisalment of olive mill solid waste application in olive crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 132:260-266.
- CARRIZOSA, M.J., CALDERÓN, M.J., HERMOSÍN, M.C. & CORNEJO, J. (2000). Organosmectites as sorbent and carrier of the herbicide bentazone. *The Sci. Total Environ.* 247: 285-293.
- CELIS, R., HERMOSÍN, M.C., COX, L. & CORNEJO, J. (1999). Sorption of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid by model particles simulating naturally occurring soil colloids. *Environ. Sci. Technol.* 33, 1200-1204.
- CELIS, R., HERMOSIN, M.C., CORNEJO, L., CARRIZOSA, M.J. & CORNEJO, J. (2002). Clay-herbicide complexes to retard picloram leaching in soils. *Intnat. J. Environm. Anal. Chem.* 82:503-517.
- CELIS, R., DE JONGE, R., DE JONGE, L.W., REAL, M., HERMOSIN, M.C. & CORNEJO, J. (2006). The role of mineral and organic components in phenantrene and dibenzofuran sorption by soils. *European J. Soil Sc.* 57: 308-319.
- CORNEJO, L., CELIS, R., DOMÍNGUEZ, C., HERMOSÍN, M.C. & CORNEJO, J. 2008. *Applied Clay Sci.* 42:284-291.
- COX, L., BECKER, A., CELIS, R., HERMOSÍN, M.C. & CORNEJO, J. (1997). Leaching of two herbicides in soils amended with olive-mill wastewater. *Agriculture, Ecosystem & Environment*, 65: 151-161.
- COX, L., CALDERÓN, M.J., HERMOSÍN, M.C. & CORNEJO, J. (1999). Leaching of chlopyralid and metamitron under conventional and reduced tillage. *J. Environ. Qual.* 28: 605-611.
- COX, L., CELIS, R., HERMOSÍN, M.C. & CORNEJO, J. (2000). Use of natural colloids to retard simazine and 2,4-D leaching in soil. *J. Agric. Food Chem.* 48: 93-99.
- COX, L., CELIS, R., HERMOSÍN, M.C., CORNEJO, J., ZSOLNAY, A. & ZELLER, K. (2000). Effect of organic amendments on herbicide sorption as related to the nature of the dissolved organic matter. *Environ. Sci. Technol.* 34: 4600-4605.
- COX, L., FERNANDES, M.C., ZSOLNAY, A., HERMOSÍN, M.C. & CORNEJO, J. (2004). Changes in dissolved organic carbon of soil amendments with aging: effect on pesticide adsorption behaviour. *J. Agric. Food Chem.* 52: 5635-5642, 2004.
- DURÁN-ZUAZO, V.H., MARTÍNEZ-RAYA, A. Y AGUILAR-RUIZ, J. (2004). Nutrient losses by runoff from taluses of orchard terraces. *Water, Air & Soil Pollution* 153: 355-373.
- FERNANDES, M.C., COX, L., HERMOSÍN, M.C., CORNEJO, J. (2003). Adsorption-desorption of metalaxyl as affecting dissipation and leaching in soils: role of mineral and organic components. *Pest Management Science*, 59:545-552.

- FRANCIA-MARTÍNEZ, J.R., DURÁN-ZUAZO, V.H., & MARTÍNEZ-RAYA, A. (2006). Environmental impact from montaneous olive orchards under different soil management systems (SE, Spain). *Sci. Total Environment* 358: 46-60.
- GÓMEZ, J.A. (2009). *Sostenibilidad de la producción de olivar en Andalucía*. Junta de Andalucía-Consejería de Agricultura y Pesca, 314 pgs. Sevilla
- GÓMEZ, J.A., BATTANY, M., RENSCHLER, C.S. Y FERERES, E. (2003). Evaluating the impact of soil management on soil loss in olive orchards. *Soil, Use & Management* 19: 127-134.
- GÓMEZ, J.A., SOBRINO, T.A., GIRÁLDEZ, J.V. Y FERERES, E. (2009). The influence of cover crops and tillage on water and sediment yield and on nutrient and organic matter losses in an olive orchard on a sandy loam soil. *Soil & Tillage Research* 106: 137-144.
- GUENZL, W.D. (1973). *Pesticides in Soil and Water Environment*. Soil Sci. Soc. Amer. Inc, Madison, WI, USA, 542 pgs.
- HERMOSÍN, M.C. & CORNEJO, J. (1989). Assessing soil factors related to pesticide adsorption by soils. *Toxicol. Environ. Chem.*, 25: 45-55, 1987.
- HERMOSÍN, M.C., CORNEJO, J., COX, L. (2000). Calculation and validation of K<sub>clay</sub> as predictor for polar or ionic pesticide adsorption by soils. In: *Pesticide-Soil Interactions: Some Current Research Methods*. Cornejo J. & Jamet P. (eds.) INRA (Paris) INRA (Paris), pp. 131-141.
- HERMOSÍN, M.C., RODRÍGUEZ-LIZANA, A., CORNEJO, J. & ORDÓÑEZ-FERNÁNDEZ, R. (2009). Efecto del uso de agroquímicos en Olivar sobre la calidad de las aguas. En: *Sostenibilidad de la producción de olivar en Andalucía* (JA Gomez-Calero,Coord).Capítulo 4, pp. 87-108, Junta de Andalucía-CAP, Sevilla.
- IFAPA (2004-2008). Memória Anual. [www.juntadeandalucia/consejeriadeagriculturaypesca/ifapa](http://www.juntadeandalucia/consejeriadeagriculturaypesca/ifapa).
- KÖCK-SCHUKMEYER, M., GINEBREDA, A., POSTIGO, C., LÓPEZ-SERNA, R., PÉREZ, S., BRIX, R., LLORCA, M., LÓPEZ DE ALDA, M., PETROVIC, M., MUNNE, A., TIRAPU, L. & BARCELO, D. (2011). Wastewater reuse in Mediterranean semi-arid áreas: the impact of discharges of tertiary treated sewage on the load of polar micro pollutants in the Llobregat river (NE Spain). *Chemosphere* 82: 670-678.
- MAQUEDA, C., VILLAYERDE, J., SOPENA, F., UNDABEYTIA, T. & MORILLO, E. (2008). Novel system for deducing leaching of the herbicide Metribuzin using clay-gel-based formulations. *J. Agric. Food Chem.* 56: 11941-11946.
- NASH, R.G. & LELIE, A.R. (1991). *Ground Water residue Sampling Design*. Amer. Chem. Soc. (ACS Symposium Series, 415) Washington DC, 395 pgs.
- PASTOR, M., CASTRO, J., VEGA, V. & HUMANES, J. (1999). Sistemas de manejo del suelo. En: *El cultivo del olivo*, D. Barranco, R. Fernández-Escobar, R. y L. Rallo (Eds.) Mundi Prensa, Madrid.
- RODRÍGUEZ-LIZANA, A., ORDÓÑEZ, R., ESPEJO-PÉREZ, A.J. Y GONZÁLEZ, P. (2007). Plant cover and control of diffuse pollution of P from olive orchards. *Water, Air & Soil Pollution* 181: 17-34.
- SAAVEDRA, M. & PASTOR, M. (1996). Weed population in olive groves under non-tillage and conditions of rapid degradation of simazine. *Weed Res.* 36, 1-14.
- SAAVEDRA, M. & PASTOR, M. (2002). *Sistemas de cultivo en olivar: manejo de malas hierbas y herbicidas*. Editorial Agrícola Española. Madrid.
- SCHER, H.B. (ed) (1999). *Controlled-Release Delivery Systems for Pesticides*. Marcel Dekker Inc., New York, 325 pgs.
- TOPPS. [www.topps-life.org](http://www.topps-life.org).
- UNDEBEYTIA, T., NIR, S. Y RUBIN, B. (2000). Organoclay formulations of the hydrophobic herbicide norflurazone yield reduced leaching. *J. Agric. Food Chem.* 48: 4767-4773.
- UNDABEYTIA, T., SOPENA, F., SÁNCHEZ-VERDEJO, T., VILLAYERDE, J., NIR, S., MORILLO, E. Y MAQUEDA, C. (2010). Performance of slow-release formulations of alachlor. *Soil Sc. Soc. Amer. J.* 74: 896-905.